Journal of Agricultural Machinery

Homepage: https://jame.um.ac.ir

Research Article
Vol. 12, No. 4, 2022, p. 600-612

Evaluation of Mechanical and Chemical Parameters of Okra with Chitosan Coating in Nano Packaging Films and Atmospheric Modified Conditions

A. Heydarian[1], E. Ahmadi[2*], F. Dashti[3], A. Normohammadi[4]

1- M.Sc Student, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
4- Ph.D Student, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: eahmadi@basu.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jam.2021.69257.1027

Received: 06-03-2021 Revised: 15-07-2021 Accepted: 28-08-2021 Available Online: 30-08-2021	**How to cite this article:** Heydarian, A., Ahmadi, E., Dashti, F., & Normohammadi, A. (2022). Evaluation of Mechanical and Chemical Parameters of Okra with Chitosan Coating in Nano Packaging Films and Atmospheric Modified Conditions. *Journal of Agricultural Machinery*, *12*(4): 600-612. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jam.2021.69257.1027

Introduction

The quick deterioration of fruit and vegetables has led researchers to find a solution to increase the shelf life. Foodstuff packaging is a vital technology to maintain freshness, prevent deterioration, and physiological and mechanical damages, and increase the shelf life of fresh products. Employing various post-harvest technologies prevent light, heat, and humidity transmission and control the microorganism activity, thereby reducing the cost and maintaining the quality of fresh and processed products during storage. Fresh okra has a shelf life of 10 days and is stored at 1-10 $^{\circ}$C due to high respiration rate and moisture loss. Today, the use of nanotechnology in the packaging industry is developed and expanded. The aim of the packaging is to increase the shelf life and prevent bacterial and shipping damages, as well as control the humidity and gases transmission, thereby reducing food spoilage. Modified atmospheric packaging (MAP) is one of the famous methods for increasing the shelf life of fresh products in which the aging process is reduced by increasing CO_2 and decreasing. Decreasing the respiration rate, producing ethylene, and metabolic reactions in the modified atmosphere lead to a reduction in product deterioration. The use of coatings and edible films is being increased in order to maintain sensitive features like flavors, fragrances, and the appearance of different products and increase the shelf time of fruits and vegetables. Chitosan edible coating is a non-fragrance and non-flavor polysaccharide with a high molecular weight that is widely used because of its antifungal, biological, and biochemical properties. Chitosan is a natural polymer obtained from chitin, which is abundantly found in crustacean shells. The aim of the present study is to evaluate the effect of packaging films and chitosan coating under the modified atmosphere storage condition on qualitative and quantitative parameters of okra during storage.

Materials and Methods

The process of present research was performed in the Laboratory of Mechanical Properties and Rheology of the Biosystem Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, in 2016. Okra cv. Kano Dwarf was selected due to its short post-harvest life and provided by farms in Kermanshah Province. Okras were handpicked and they were free of any spots, contamination, or decay, with the almost same size and shape, without any mechanical and microbial damage. The treatments of the present study were chitosan covering, modified atmosphere by a gas mixture of 5% O_2 + 10 CO_2 + 85% N_2, three types of packaging films including silicone nano-emulsion (Nano Bespar Aytak Co.), nano-polyethylene, and light polyethylene (LFO200), as well as two temperature levels of 1 ± 4 $^{\circ}$C (refrigerator) and 1 ± 25 $^{\circ}$C (room temperature). The influence of modified atmospheric treatments, chitosan coatings, and packaging films at two storage temperatures on chemical factors (pH and TSS) and mechanical properties including shear stress (TB), shear force (FB), shear modulus (GK) were evaluated at the end of 12 days of storage in a completely randomized design with a factorial experiment in three replications on Okra.

Results and Discussion

Among the films used, silicon nano emulsion film and chitosan coating were more able to maintain TSS. The pH value decreased due to the control of respiratory rate and corruption under modified atmospheric conditions. The mechanical properties of the samples showed that the shear stress changes of the coated sample were

significantly less than the untreated ones compared to the beginning of the maintenance period. The sample stored at 4°C had less shear force during the storage period than similar specimens at 25°C. The modified atmosphere caused the shear modulus to decrease with increasing storage time compared to the beginning of the storage period.

Conclusion

The results of the present research revealed that silicon nano-emulsion film has a higher capability in preserving the qualitative and quantitative properties of okra compared to other studied films. Between the two studied temperatures, 4°C storage temperature had better performance in preserving qualitative and quantitative properties of the okra compared to 25°C. The controlled atmosphere increases okra's shelf life due to reduced respiration rate. In general, maintenance of the products in a modified atmosphere package preserves the quality of the products and extends their shelf life.

Keywords: Chitosan, Modified atmosphere, Nano packaging film, Okra

نشریه ماشین‌های کشاورزی
https://jame.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۶۱۲-۶۰۰

بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و مکانیکی محصول بامیه تحت پوشش کیتوزان در فیلم‌های بسته‌بندی نانویی و شرایط اتمسفر اصلاح‌شده

آزاده حیدریان[۱]، ابراهیم احمدی[۲*]، فرشاد دشتی[۳]، احمد نور محمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

چکیده

تأثیر تیمارهای اتمسفر اصلاح‌شده ($5\%CO_2$+$10\%O_2$+$85\%N_2$)، پوشش کیتوزان و فیلم‌های بسته‌بندی در دو دمای نگهداری ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی (pH و TSS) و خواص مکانیکی شامل تنش برشی (TB)، نیروی برشی (FB)، مدول برشی (GK) محصول بامیه در پایان ۱۲ روز از زمان نگهداری تحت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین تغییرات TSS در نمونه‌های با پوشش فیلم نانو پلی‌اتیلن رخ داد که از ۰/۶ به ۱ افزایش‌یافته است. نتایج نشان‌دهنده عملکرد مناسب پوشش کیتوزان همراه با فیلم نانو امولسیون در حفظ و تثبیت مواد جامد محلول می‌باشد. تغییرات pH برای نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر بود، این امر ناشی از کنترل شدت تنفس محصول و ایجاد اتمسفر مطلوب بود. بیشترین pH در فیلم پلی‌اتیلن سبک (۶/۶) و کمترین pH مربوط به فیلم نانو امولسیون سیلیکونی (۶/۴) بود. مقدار pH به دلیل کنترل شدت تنفس و فسادپذیری در شرایط اتمسفر اصلاح‌شده کاهش یافت. در بررسی خواص مکانیکی مشخص شد که تغییرات تنش برشی نمونه‌های با پوشش نسبت به نمونه‌های بدون پوشش در مقایسه با ابتدای دوره نگهداری بسیار کمتر بود. حداقل تغییرات نیروی برشی مربوط به نمونه‌های با پوشش فیلم پلی‌اتیلن سبک و نمونه‌های با پوشش فیلم نانو امولسیون سیلیکونی به مقدار ۰/۵۷ و ۱/۲۸ درصد گزارش شد و حداکثر تغییرات برای نمونه‌های بدون پوشش فیلم نانو پلی‌اتیلن، ۲۴/۸۵ درصد بود. نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه‌های مشابه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارای میزان نیروی برشی کمتری در طول دوره نگهداری بودند. اتمسفر اصلاح‌شده موجب گردید، مقدار مدول برشی با پایان زمان انبارداری در مقایسه با ابتدای دوره نگهداری از ۲۶۰/۹ کیلوپاسگال به ۲۱۹/۸ کیلوپاسگال کاهش‌یابد. به‌طورکلی پوشش‌های پلی‌اتیلن و نانو امولسیون سیلیکونی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (PH و Tss) و مکانیکی بامیه تاثیری نداشتند و نسبت به روز اول بسته‌بندی کم‌ترین تغییر را ثبت کردند. این نشان می‌دهد که پوشش‌های بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده کیفیت بامیه بسته‌بندی شده را حفظ می‌کنند. بنابراین فیلم‌های نانو امولسیونی، پوشش کیتوزان به همراه اتمسفر اصلاح‌شده می‌توانند به‌عنوان یک تکنیک بالقوه برای کاربردهای فعال بسته‌بندی مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: اتمسفر اصلاح‌شده، بامیه، فیلم بسته‌بندی نانو، کیتوزان

مقدمه

امروزه تقاضای مصرف‌کنندگان برای استفاده از محصولات تازه و با ارزش غذایی بالا، بدون افزودنی شیمیایی و نگه‌دارنده در حال افزایش است (Caleb, Mahajan, Al-Said, & Opara, 2013). محصولات تازه به دلیل داشتن رطوبت و شدت تنفس بالا پس از برداشت محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها هستند (Salarbashi *et al.*, 2013). بامیه یکی از سبزی‌های گرمسیری شناخته‌شده در رژیم غذایی است که عدم کنترل دمایی و رطوبتی پس از برداشت این محصول موجب از دست دادن کیفیت و زردی در آن می‌شود. بامیه محصولی فرازگرا، با شدت تنفس بالا و فسادپذیر است که این وضعیت پس از برداشت تشدید می‌شود. بامیه به دلیل تنفس بالا دارای عمر انبارمانی کوتاهی حدود ۱۰ روز است (Finger,

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۴- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: eahmadi@basu.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jam.2021.69257.1027

(Della-Justina, Casali, & Puiatti, 2008). بامیه حاوی ذخایر ارزشمندی از کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، مواد معدنی و دارویی است. همچنین سرشار از اسیدفولیک، ویتامین A و C است (Fan *et al.*, 2014). در راستای افزایش عمر ماندگاری محصولات تازه، حفظ کیفیت، کاهش تلفات و افزایش ماندگاری محصولات راهکارهایی ازجمله استفاده از فناوری اتمسفر اصلاح‌شده، پوشش‌های خوراکی و فیلم‌های بسته‌بندی پیشنهاد می‌شود. استفاده از پوشش‌های خوراکی برای محصولات تازه یک راه برای افزایش عمر محصول، با کاهش تغییرات متابولیکی محصول است. پوشش خوراکی به‌عنوان لایه نازک از موادی است که برای مصرف‌کننده قابل خوردن بوده و به صورت‌های مختلف استفاده می‌شود و همچنین به‌عنوان مانعی در مقابل انتقال گازها و بخار آب عمل می‌کند (Wu, Weller, Hamouz, Cuppett, & Schnepf, 2002). امروزه پوشش کیتوزان به دلیل دارا بودن خصوصیاتی از قبیل غیرسمی، سازگار با طبیعت و تجدیدپذیر بودن، کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده است. تجزیه‌پذیری، غیر سمی بودن و خاصیت ضد میکروبی و از ویژگی‌های کیتوزان برای توسعه در بسته‌بندی مواد غذایی است (Pereira, De Arruda, & Stefani, 2015). یکی از تکنولوژی‌هایی که نتایج بسیار مطلوبی را در زمینه افزایش ماندگاری محصولات به همراه داشته است. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده یا به اختصار (MAP)[1] است. در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده ترکیب گازی اطراف محصول از حالت معمول تغییر داده می‌شود تا اتمسفری برای افزایش زمان ماندگاری و حفظ کیفیت غذا تهیه شود (Zhuang, Barthm, & Cisneros-Zevallos, 2013). استفاده از فیلم‌های بسته‌بندی نقش مهمی در ایمنی و کیفیت مواد غذایی ایفا می‌کند و مانع فسادپذیری محصول ناشی از شرایط محیطی بیرونی، آلودگی توسط پاتوژن‌ها و میکروارگانیسم می‌شود درنتیجه فرایند پیری و خراب شدن را کاهش و به تأخیر می‌اندازد (Abad, 2014; Grinstead, 2016). مطالعات متعددی در زمینه تأخیر در رسیدن و افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌های تیمار شده با کیتوزان توسط محققین گزارش‌شده است (Romanazzi, Feliziani, Baños, & Sivakumar, 2017). کارایی فیلم‌های بسته‌بندی LDPE (پلی‌اتیلن با دانسیته پایین) و پوشش داده‌شده با کیتوزان برای حفظ کیفیت بامیه توسط (Al-Naamani, Dutta, & Dobretsov, 2018) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده اثربخشی پوشش‌های نانوکامپوزیتی برای کاهش رشد قارچ و باکتری و حفظ میزان رطوبت، مواد جامد محلول، pH در نمونه‌های بامیه پس از ۱۲ روز ذخیره‌سازی بود. اثر مثبت پوشش کیتوزان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی بادمجان مانند میزان افت وزن، سفتی، pH و میزان مواد جامد محلول (TSS) گزارش شد (Zahoorullah, Dakshayani, Rani, & Venkateswerlu, 2017). تاثیر بسته‌بندی و شرایط دمایی مختلف بر طول عمر و کیفیت بامیه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت (Ngure, Aguyoh, & Gaoquiong, 2009). بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده باعث افزایش pH، کاهش اسید آسکوربیک و حفظ خصوصیات حسی اسفناج شد و افزایش سطح دی‌اکسید کربن در بسته موجب کاهش افت تازگی محصول گردید (Darani, Fazel, & Keramat, 2015). همچنین نتایج تحقیقاتی نشان داد که میزان رطوبت، مواد جامد محلول، pH و رشد باکتری و قارچی بامیه‌های بسته‌بندی‌شده در فیلم‌های LDPE (پلی‌اتیلن با دانسیته پایین) و پوشش داده‌شده با کیتوزان حفظ شد (Al-Naamani *et al.*, 2018).

با توجه به میزان بالای ضایعات محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، کاهش ضایعات در میوه‌ها و سبزی‌ها برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین استفاده از روش‌های نوین برای نگه‌داری و بسته‌بندی محصولات کشاورزی امری ضروری است. این پژوهش از این‌جهت اهمیت دارد که تاکنون تحقیق جامعی در زمینه‌ی تأثیر اتمسفر اصلاح‌شده، فیلم‌های بسته‌بندی و پوشش کیتوزان بر روی محصول بامیه در کشور صورت نگرفته است. هدف این بررسی اثر پوشش خوراکی کیتوزان، فیلم‌های بسته‌بندی بر تغییرات مواد جامد محلول، pH و خواص مکانیکی بامیه تحت نگهداری در شرایط اتمسفر اصلاح‌شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها

بامیه رقم پاکوتاه کانو به دلیل طول عمر کوتاه پس از برداشت، از مزارع استان کرمانشاه تهیه گردید. بامیه‌ها با دست چیده شدند و سعی شد نمونه‌ها دارای اندازه و شکل یکسان و بدون هیچ آسیب‌دیدگی مکانیکی و میکروبی باشند. تیمارهای این آزمایش شامل پوشش خوراکی کیتوزان، اتمسفر اصلاح‌شده با مخلوط گازهای $۵٪CO_2+۱۰٪O_2+۸۵٪N_2$ سه نوع فیلم بسته‌بندی شامل دو نوع نانویی یکی از جنس نانو امولسیون سیلیکونی تولید شرکت نانو بسپار آیتک با ضخامت ۶۰ میکرون و یک نوع دیگر از جنس نانو پلی‌اتیلن با ضخامت ۴۰ میکرون و یک فیلم معمولی از جنس پلی‌اتیلن سبک (LFO200)[2] با ضخامت ۳۰ میکرون و دو سطح دمایی ۱±۴ سلسیوس (یخچال) و ۱±۲۵ سلسیوس (محیط) بود. جهت اعمال تیمارها ابتدا محلول حاوی کیتوزان با غلظت ۱ درصد جهت پوشش‌دهی به نمونه‌ها تهیه گردید. علت استفاده از کیسه‌های

1- Modified Atmosphere Packaging

2- Lemon Fish Oil 200ml

زیپ‌کیپ نانو به دلیل استفاده از پلیمرهای سیلیکونی به‌کار گرفته در آن می‌باشد زیرا باعث می‌شود که ورود و خروج اکسیژن و دی‌اکسیدکربن کنترل و به حداقل سطح برسد. برای تهیه محلول ۱ درصد، ۱۰ گرم از پودر کیتوزان درون ۵۰ میلی‌لیتر استیک اسید قرار داده شد سپس ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیرشده به آن اضافه گردید. پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری انجام گرفت. نمونه‌ها درون محلول کیتوزان غوطه‌ور شدند، سپس از درون محلول خارج گردیدند و به مدت ۲ ساعت در محیط آزاد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، جهت خشک شدن رطوبت اضافی قرار گرفتند. درنهایت نمونه‌های پوشش‌دهی شده و بدون پوشش به‌ترتیب درون فیلم‌های بسته‌بندی نانو امولسیون سیلیکونی و نانو پلی‌اتیلنی و فیلم معمولی از جنس پلی‌اتیلن قرار داده شدند و تزریق گاز با مخلوط گازی ذکرشده پس از مکش هوای داخل بسته توسط کپسول گاز تهیه شده از شرکت سپاهان اصفهان انجام پذیرفت. صورت گرفت و پس از دوخت حرارتی جهت نگهداری در محیطی با دمای ۲۵ درجه و درون یخچالی با دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد قرار داده شدند. در دوره‌های زمانی دو روز خواص فیزیکی، مکانیکی و رئولوژیکی نمونه‌ها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل

برای تعیین میزان مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر آتاگو مدل PAL-1 ساخت کشور ژاپن استفاده گردید. محصول توسط یک رنده دستی آب‌گیری و عصاره آن گرفته شد. مقداری از عصاره محصول روی منشور رفراکتومتر قرار گرفت سپس عدد نمایش داده شده (شاخص بریکس) برحسب درصد قرائت و ثبت گردید (Nourmohammadi, Ahmadi, & Heshmati, 2021). اندازه‌گیری TSS در تمامی نمونه ها در سه تکرار انجام گرفت.

اندازه‌گیری pH

برای تعیین pH ابتدا مقدار ۵ گرم از نمونه رنده شده با ۲۰سی‌سی آب مقطر مخلوط و توسط هاون دستی سایده شد تا با یکدیگر مخلوط شوند. سپس به مدت ۵ دقیقه با دور۴۰۰۰ دور در دقیقه در دستگاه سانتریفوژ قرار داده شد. pH نمونه‌ها با دستگاه پی‌هاش‌متر مدل PHS-BW ساخت کشور ایتالیا که قبلاً با بافر ۴ و ۷ کالیبره شده بود اندازه‌گیری و الکترود آن پس از هر بار قرائت عدد به‌دست‌آمده با آب مقطر شست‌وشو شد. اندازه‌گیری pH در در تمامی نمونه‌ها در سه تکرار انجام گرفت.

خواص مکانیکی (آزمون وارنر)

آزمون وارنر یکی از آزمون‌های برشی مواد غذایی است که در آن، یک تیغه فولادی ضد زنگ بر روی پروب مربوطه نصب شده و با سرعت ثابتی که توسط فک متحرک اعمال می‌شود، عمل برش روی محصول را انجام می‌دهد. به‌دلیل قابلیت تکرارپذیری خوب نتایج، از این آزمون به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. آزمون وارنری با استفاده از دستگاه تست مواد غذایی (Bbt1-Fro. th.D) مدل (Zowick/roell 14) مجهز به لودسل (X Force Hp nominal Force: 500 N Capacity) ساخت کشور آلمان موجود در آزمایشگاه گروه بیوسیستم دانشگاه بوعلی صورت پذیرفت (شکل ۱). آزمون وارنر یکی از آزمون‌های برشی مواد غذایی است که در آن، یک تیغه فولادی ضدزنگ بر روی پروب مربوطه نصب‌شده و با سرعت ثابتی که توسط فک متحرک اعمال می‌شود، عمل برش روی محصول را انجام می‌دهد. عمل برش توسط تیغه فولادی بر قسمت میانی بامیه صورت پذیرفت. سرعت آزمون ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه بود. ویژگی‌های بافتی محصول نظیر تنش برشی (TB) ، نیروی برشی (FB) و مدول برشی (GK که برابر است با نسبت تنش برشی به کرنش برشی) توسط نرم‌افزار دستگاه (Test Xpert) در قالب منحنی نیرو–جابه‌جایی رسم گردید (شکل ۲). پارامترهای تنش برشی، نیروی برشی و مدول برشی نیز مستقیماً در قسمت نتایج محیط نرم‌افزار دستگاه تعیین گردیدند. آزمون وارنری برای هر نمونه در سه تکرار صورت پذیرفت.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل آماری، داده‌های حاصل از آزمون‌ها ابتدا با نرم‌افزار Minitab ۱۴ نرمال‌سازی شدند و سپس با نرم‌افزار SAS آنالیز داده‌ها صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی انجام شد و کلیه نمودارها با Excel ۲۰۱۶ رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات پوشش، نوع فیلم بسته‌بندی و دوره نگهداری بر روی صفات مورد بررسی بامیه در طول ۱۲ روز دوره نگهداری در دو دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در جداول ۴ و ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد که برخی اثرات اصلی و متقابل بر روی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۵٪ یا ۱٪ معنی‌دار است.

مواد جامد محلول (TSS)

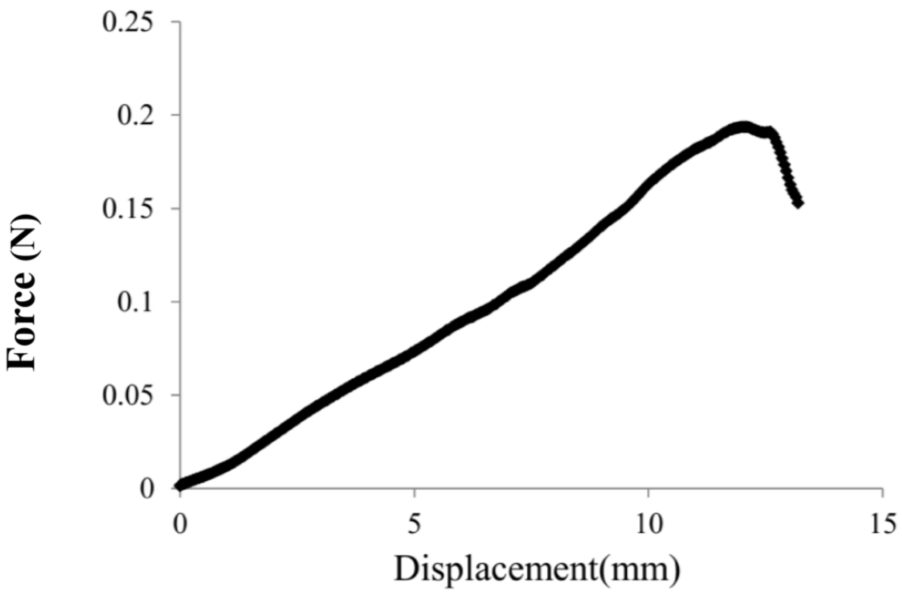
با توجه به نتایج تجزیه واریانس جدول ۱ مشخص شد که اثر دوره نگهداری، بسته‌بندی و اثر متقابل بسته‌بندی × دوره نگهداری بر تغییرات مواد جامد محلول در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ازنظر آماری

در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند. اثر متقابل سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره نگهداری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۳ روند تغییرات TSS در طول دوره نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس را نشان می‌دهد. بر اساس آن مقدار TSS در پایان دوره نگهداری در تمام تیمارها به‌جز نمونه‌های با پوشش فیلم نانو امولسیون سیلیکونی نسبت به‌روز اول افزایش داشت. در روز دوازدهم کمترین مقدار تغییرات TSS در مقایسه با روز صفر در نمونه‌های با پوشش بسته‌بندی‌شده در فیلم نانو امولسیون سیلیکونی ۵/۶ درصد بوده که از مقدار ۱/۵ به ۱ کاهش‌یافته است و دلیل آن کنترل بهتر تنفس، کاهش تلفات آب‌میوه و تبادلات گازی محصول در طی زمان نگهداری می‌باشد.



شکل ۱- آزمون وارنر با استفاده از دستگاه تست محوری

Fig. 1. Varner test using axial testing machine



شکل ۲- منحنی نیرو- جابه‌جایی که توسط دستگاه تست محوری رسم شده است

Fig. 2. The force-displacement curve drawn by an axial testing machine

جدول ۱- تجزیه واریانس خواص کیفی و کمی بامیه تحت اتمسفر اصلاح شده در دمای ۲۵°C تا مدت ۱۲ روز

Table 1- Variance analysis of qualitative and quantitative properties of okra under modified atmosphere at 25°C until 12th day

Variations sources منابع تغییرات	DF	TSS مواد جامد محلول	PH اسیدیته	TB (N mm^{-2}) تنش برشی	FB (N) نیروی برشی	GK (kpa) مدول برشی
Packaging بسته‌بندی	2	0.26^{ns}	0.13**	11785**	829.4**	145762**
Coating پوشش	1	0.79^{ns}	0.00^{ns}	3893^{ns}	4.6^{ns}	30169*
Period دوره زمانی	6	0.20^{ns}	1.70**	3342*	355.4**	20040**
Packaging × Coating بسته‌بندی× پوشش	2	0.54^{ns}	0.01^{ns}	1291^{ns}	119.5^{ns}	2142^{ns}
Packaging × Period بسته‌بندی × دوره	12	0.30^{ns}	0.03**	3589**	152.7^{ns}	10354**
Coating × Period پوشش× دوره	6	0.217^{ns}	0.07**	3331*	96.4^{ns}	1313^{ns}
Packaging × Coating× Period بسته‌بندی× پوشش× دوره	12	0.24^{ns}	0.04**	5548*	87.3^{ns}	5727^{ns}
Error خطا	82	0.23	0.01	1433	107.6	3383

Notes: * Significant at p ≤ 0.05, ** Significant at p ≤ 0.01, and ns not significant.

جدول ۲- تجزیه واریانس خواص کیفی و کمی بامیه تحت اتمسفر اصلاح شده در دمای ۴ °C تا مدت ۱۲ روز

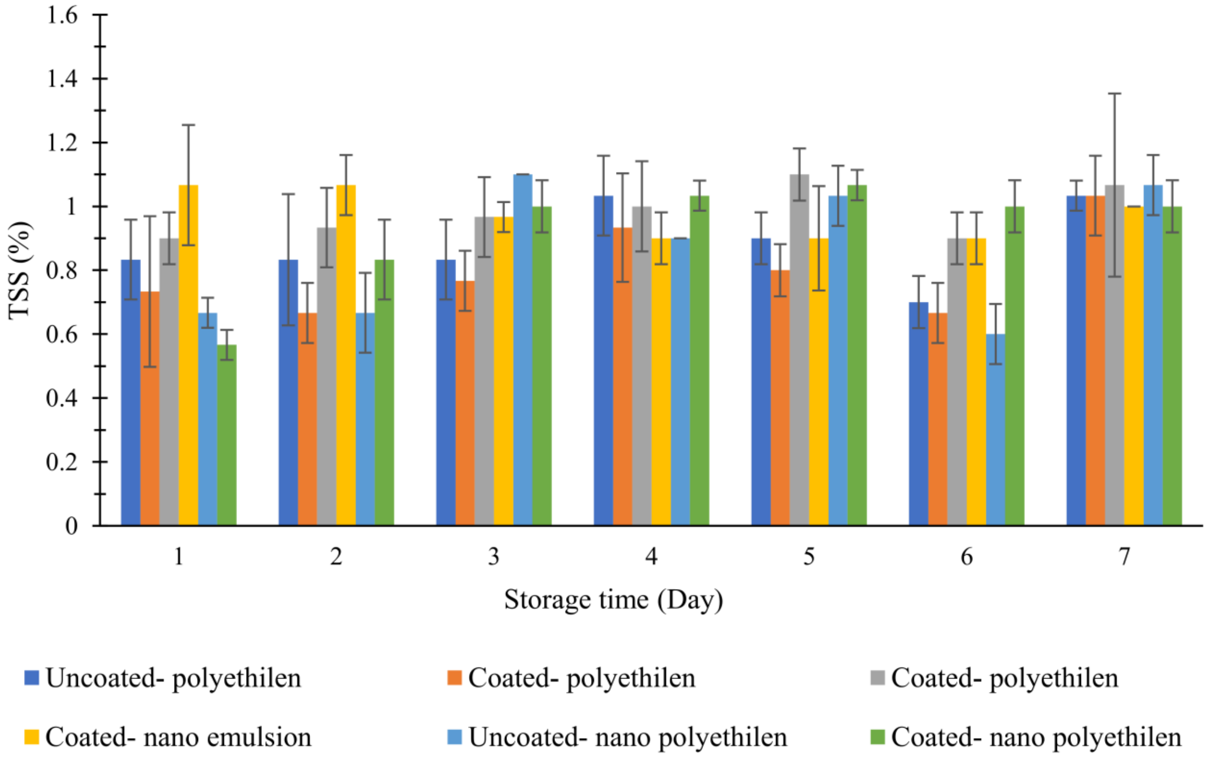
Table 2- Variance analysis of qualitative and quantitative properties of okra under modified atmosphere at 4 °C until 12th day

Variations sources منابع تغییرات	DF	TSS مواد جامد محلول	PH اسیدیته	TB (N mm^{-2}) تنش برشی	FB (N) نیروی برشی	GK (kpa) مدول برشی
Packaging بسته‌بندی	2	0.323**	0.072^{ns}	13882**	567.61**	19372**
Coating پوشش	1	0.005^{ns}	2.608**	9620**	130.7^{ns}	6548^{ns}
Period دوره زمانی	6	0.138**	2. 401**	3212^{ns}	1149.85**	11716**
Packaging × Coating بسته‌بندی× پوشش	2	0.043^{ns}	0.004^{ns}	18^{ns}	125.77^{ns}	823^{ns}
Packaging × Period بسته‌بندی × دوره	12	0.087**	0.917**	2177^{ns}	940.76^{ns}	2135^{ns}
Coating × Period پوشش× دوره	6	0.033^{ns}	1.664**	5193**	262.53^{ns}	14492**
Packaging × Coating× Period بسته‌بندی × پوشش× دوره	12	0.044*	0.433^{ns}	4018**	853.56^{ns}	3058^{ns}
Error خطا	82	0.020	0.265	1619	4245.28	3960

* Significant at p ≤ 0.05, ** Significant at p ≤ 0.01, and ns not significant.

همچنین با کنترل فعالیت‌های متابولیکی زمان رسیدگی محصول به تأخیر افتاد. بیشترین تغییرات TSS در نمونه‌های با پوشش فیلم نانو پلی‌اتیلن رخ داد که از ۰/۶ به ۱ افزایش‌یافته است. نتایج نشان‌دهنده عملکرد مناسب پوشش کیتوزان همراه با فیلم نانو

امولسیون در حفظ و تثبیت مواد جامد محلول می‌باشد درحالی‌که به علت عملکرد پایین فیلم نانو پلی‌اتیلن تأثیر پوشش کیتوزان در حفظ مواد جامد محلول از بین رفته و به دلیل هضم پلی ساکاریدهای دیواره سلولی این فاکتور افزایش‌یافته است. جدول ۲ تجزیه واریانس بیانگر آن است که هیچ‌یک از تیمارهای بسته‌بندی و پوشش و دوره و اثرات متقابل آن‌ها تفاوت معنی‌داری بر مواد جامد محلول نمونه‌های دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نداشته است (جدول ۲). می‌توان بیان کرد مواد جامد محلول به دلیل کنترل میزان تنفس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بهتر از دمای ۲۵درجه سانتی‌گراد حفظ‌شده است. نتایج مشابهی از تأثیر پوشش کیتوزان بر کاهش روند افزایش مواد جامد محلول در میوه گواوا به دلیل کند کردن سرعت تنفس و فعالیت‌های متابولیکی را گزارش کردند (Hong, Xie, Zhang, Sun, & Gong, 2012). النعمانی و همکاران (Al-Naamani *et al.*, 2018) گزارش دادند که مقدار کل مواد جامد محلول در نمونه‌های بامیه در طی دوره نگهداری افزایش یافت. همچنین مقدار TSS در نمونه‌های با پوشش نانوکامپوزیت کیتوزان پس از ۱۲روز ذخیره‌سازی، به‌طور قابل‌توجهی نسبت به نمونه شاهد پایین‌تر بود که با نتایج تحقیق مطابقت داشت. در همین راستا (Gholammipour Fard, Kamari, Ghasemnezhad, & Ghazvini, 2010) گزارش دادند که پوشش کیتوزان تأثیر معنی‌دار بر حفظ مواد جامد محلول فلفل داشت.



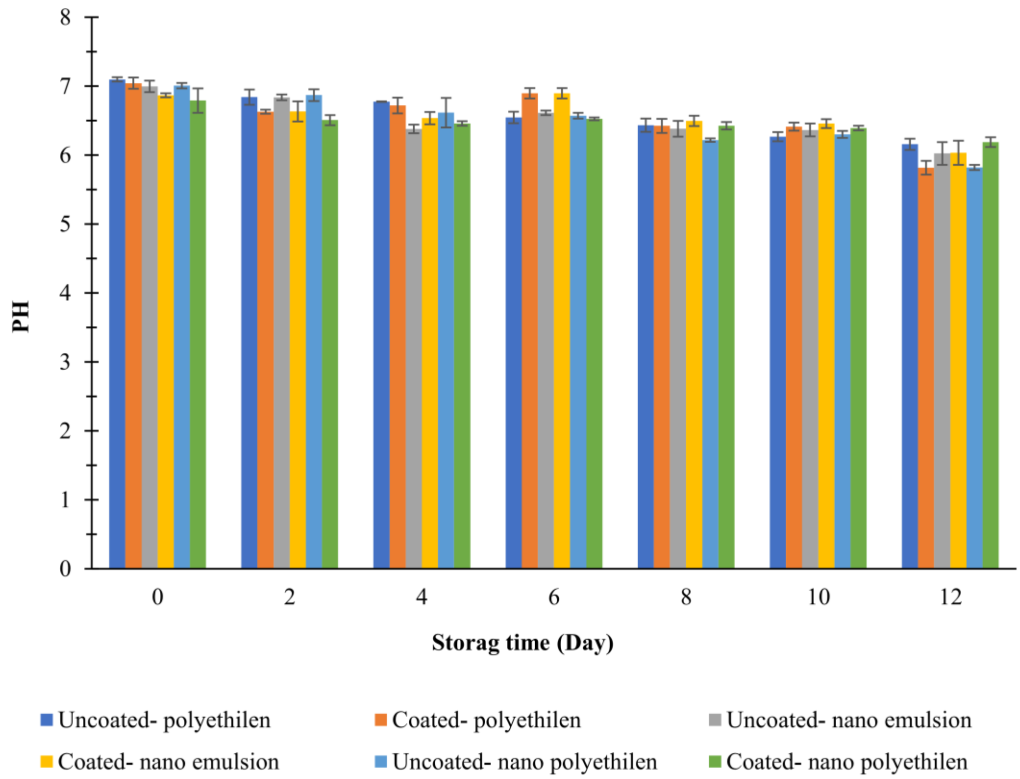
شکل ۳– تغییرات Tss در طول نگهداری در دمای ۲۵ °C

Fig. 3. The changes of TSS during storage at 25 °C

تغییرات pH

مطابق جداول ۱ و ۲ تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای بسته‌بندی، دوره نگهداری و اثرات متقابل دوگانه بسته‌بندی × دوره و پوشش × دوره برای هر دو دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر pH نهایی محصول در سطح احتمال ۹۹٪ معنی‌دار بود $(P<0/01)$. اثر اصلی پوشش در دمای ۴ درجه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد درحالی‌که در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین اثر متقابل سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارای اثر معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود. در طی دوره نگهداری تغییرات pH تمام تیمارها و اثرات متقابل آن‌ها روند کاهشی داشت. تغییرات pH برای نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر بود این امر ناشی از کنترل شدت تنفس محصول و ایجاد اتمسفر مطلوب بود. مقدار pH نهایی برای دمای ۲۵ و ۴ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۶ و ۶/۲ مشاهده گردید. اثر اصلی بسته‌بندی نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سه فیلم بسته‌بندی می‌باشد. بدین شکل که بیشترین pH در فیلم پلی‌اتیلن سبک ۶/۶ و کمترین pH مربوط به فیلم نانو امولسیون سیلیکونی ۶/۴ بود. نتایج

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره در شکل ۴ نشان داده‌شده است و بیانگر آن است که مقدار pH در تمام تیمارها کاهش‌یافته و بیشترین مقدار در پایان دوره نگهداری مربوط به نمونه بدون پوشش پلی‌اتیلن سبک ۶/۲ و کمترین مقدار در نمونه با پوشش همین فیلم و نمونه بدون پوشش فیلم نانو امولسیون سیلیکونی ۵/۸ می‌باشد. افزایش pH نشان‌دهنده رسیدگی و فاسدشدن، به دلیل تنفس بالا و مصرف بیشتر اسیدهای آلی محصول در طی دوره نگهداری می‌باشد. در پژوهش حاضر پایین بودن pH در نمونه پوشش داده‌شده نسبت به نمونه بدون پوشش نشان‌دهنده تأثیر مثبت پوشش کیتوزان در کاهش تنفس محصول، کنترل فسادپذیری، حفظ کیفیت و به دنبال آن افزایش ماندگاری محصول است. نتایج حاکی از آن است که در طول دوره نگهداری pH محصول افزایش می‌یابد اما استفاده از کیتوزان می‌تواند مانع افزایش pH گردد (Ghasemnezhad, Shiri, & Sanavi, 2010). همچنین نفوذپذیری پایین فیلم نانو امولسیون سیلیکونی نسبت به دو فیلم دیگر هم مانند پوشش کیتوزان از عوامل مؤثر در کاهش pH و به دنبال آن کنترل فسادپذیری و به تأخیر انداختن تغییرات کیفی در طول دوره نگهداری شده است. نتایج تحقیق (Babarinde & Fabunmi, 2009) در بررسی اثر بسته‌بندی و دمای ذخیره‌سازی بر روی کیفیت عمر قفسه‌ای بامیه کاهش میزان pH از ۶/۷ به ۵/۵ را نشان داد که با این نتایج مطابقت دارد. طباطبایی و همکاران (Tabatabai Color, Ebrahimian, & Hashemi, 2016) تأخیر تغییرات pH گوجه در ترکیب گازی و پوشش مناسب را گزارش نمودند.



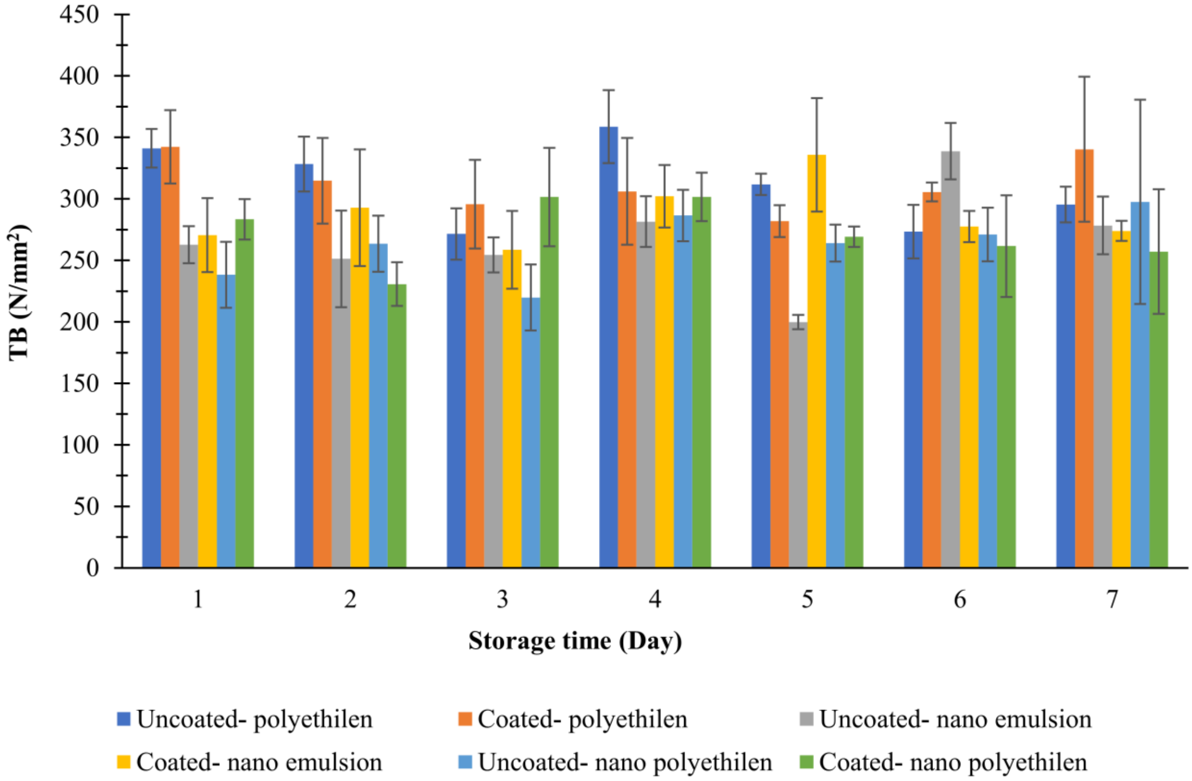
شکل ٤– تغییرات pH در طول نگهداری در دمای ۲۵ °C

Fig. 4. The changes of pH during storage at 25 °C

نتایج تنش برشی، نیروی برشی و مدول برشی

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس آزمون وارنری تیمارها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد که با توجه به آن اثر اصلی بسته‌بندی بر هر سه پارامتر تنش برشی، نیروی برشی و مدول برشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در نمونه‌های فیلم پلی‌اتیلن سبک بیشترین تنش برشی و مدول برشی با مقادیر ($N\ mm^{-2}$) ۳۰۵ و (kpa) ۲۸۵ مشاهده گردید. اثر اصلی دوره هم بر تغییرات تنش برشی و هم بر تغییرات مدول برشی دارای تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بود که تنش برشی روند مشخصی در طول دوره نگهداری نداشت و از ۲۹۱/۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع در ابتدای دوره نگهداری به بیشترین میزان ۳۰۸/۸ نیوتن بر میلی‌متر مربع در روز آخر رسیده است. این در حالی است که مدول برشی کاهش یافت. اثر

اصلی پوشش تنها بر پارامتر مدول برشی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. از بین اثرات متقابل اثر دوگانه بسته‌بندی × دوره و پوشش × دوره به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد دارای تأثیر معنی‌دار بر تنش برشی بودند. همچنین اثر متقابل سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره ازنظر آماری در سطح ۵ درصد بر تنش برشی معنی‌دار شد. بررسی اثر سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره نشان داد روند تغییرات مشخصی برای تیمارها وجود ندارد به‌طوری‌که در بعضی روزها افزایشی و در بعضی روزها کاهشی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد تغییرات تنش برشی نمونه‌های با پوشش نسبت به نمونه‌های بدون پوشش در مقایسه با ابتدای دوره نگهداری بسیار کمتر می‌باشد. روند تغییرات تنش برشی در شکل ۵ نشان داده‌شده است. بین تمام تیمارها، حداقل تغییرات نیروی برشی مربوط به نمونه‌های با پوشش فیلم پلی‌اتیلن سبک و نمونه‌های با پوشش فیلم نانو امولسیون سیلیکونی ۰/۵۷ و ۱/۲۸ درصد می‌باشد. که دلیل آن تغییرات کم در بافت و اجزای دیواره سلولی شامل سلولز و پکتین است. حداکثر تغییرات برای نمونه‌های بدون پوشش فیلم نانو پلی‌اتیلن ۲۴/۸۵ درصد می‌باشد. که علت آن را نفوذپذیری و شدت تنفس بالا و افزایش از دست‌دهی رطوبت محصول طی زمان انبارداری توجیه کرد.

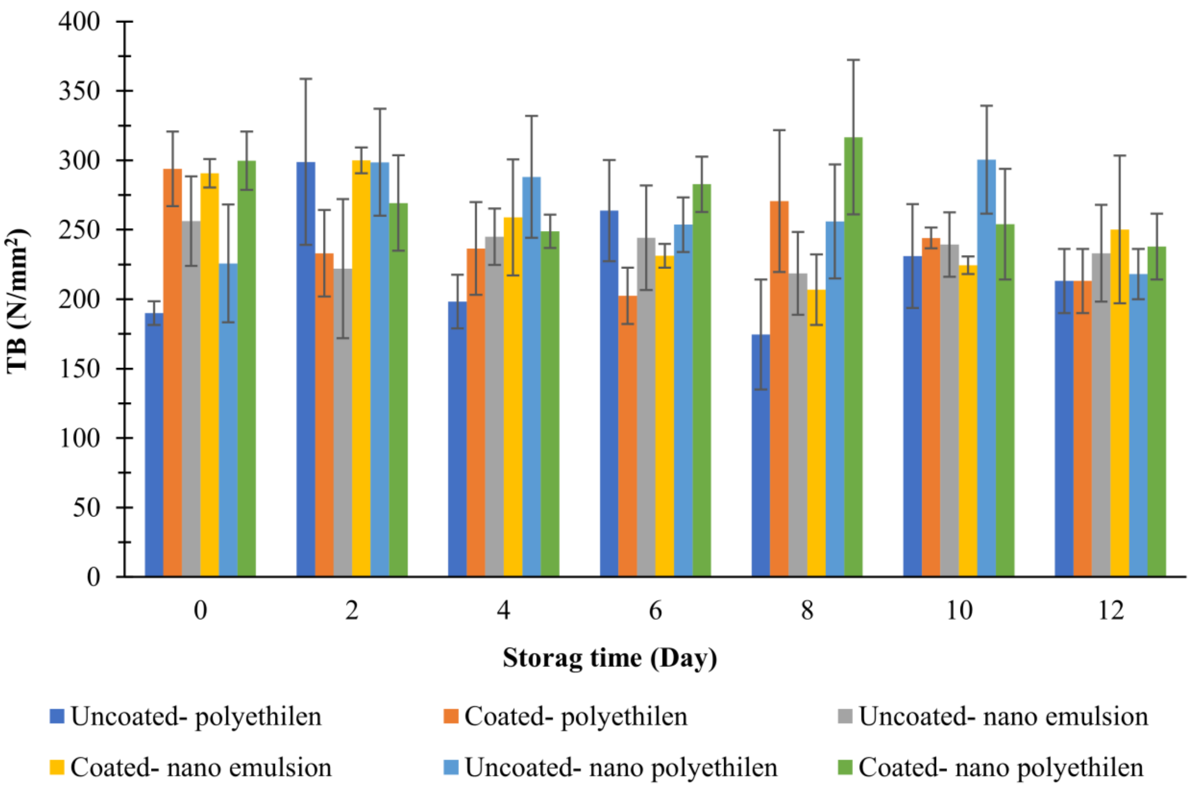


شکل ۵- تغییرات TB (تنش برشی) در طول نگهداری در دمای $25^{\circ}C$

Fig. 5. The changes of TB during storage at $25^{\circ}C$

با توجه به نتایج جدول ۲ تجزیه واریانس آزمون وارنری تیمارها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد اثر اصلی بسته‌بندی بر هر سه پارامتر تنش برشی، نیروی برشی و مدول برشی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. میانگین اثر اصلی فیلم نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین سه نوع بسته‌بندی وجود دارد که در نمونه‌های فیلم نانو پلی‌اتیلن بیشترین مقدار فاکتورهای تنش برشی و نیروی برشی مشاهده گردید و حداکثر مقدار مدول برشی مربوط به نمونه‌های فیلم پلی‌اتیلن سبک بود. اثر اصلی دوره بر تغییرات نیروی برشی و مدول برشی دارای تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بود. تغییرات نیروی برشی و مدول برشی در طول دوره نگهداری روند کاهشی داشته است که نیروی برشی از مقدار ۶۵/۸ به ۵۷/۹ در انتهای دوره نگهداری رسیده است. همچنین مقدار مدول برشی با گذشت زمان از ۲۶۰/۹ کیلوپاسگال به ۲۱۹/۸ کیلوپاسگال کاهش‌یافته است. اثر اصلی پوشش تنها بر پارامتر تنش برشی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. از بین اثرات متقابل اثر دوگانه پوشش × دوره در سطح ۱ درصد دارای تأثیر معنی‌دار بر تنش برشی و مدول برشی بود. نتایج نشان داد کمترین و بیشترین مقدار مدول برشی در تیمارهای با پوشش ۳۰۰/۲ و ۱۸۶/۹ کیلوپاسگال می‌باشد. به‌طورکلی مقدار مدول برشی در نمونه‌های با

پوشش بیشتر از نمونه‌های بدون پوشش می‌باشد. اثر متقابل سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره ازنظر آماری در سطح ۵ درصد بر تنش برشی معنی‌دار شد. با توجه به مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بسته‌بندی × پوشش × دوره، به‌جز نمونه بدون پوشش فیلم پلی‌اتیلن سبک مقدار تنش برشی همه نمونه‌ها در روز آخر نگهداری افزایش داشته است. بیشترین تغییر تنش برشی در نمونه‌های بدون پوشش، مربوط به نمونه‌های فیلم نانو امولسیون سیلیکونی ۹/۰۴ درصد و در نمونه‌های با پوشش، مربوط به فیلم نانو پلی‌اتیلن ۲۰/۶۱ درصد می‌باشد. به‌طورکلی میزان تنش برشی در نمونه‌های بدون پوشش فیلم نانو امولسیون کمترین مقدار را داشت که روند تغییرات در شکل ۶ نشان داده‌شده است. کیتوزان در کاهش فعالیت آنزیم‌های بتا–گالاکتوزیداز، پلیگالاکتوروناز و پکتین متیل استراز که مهم‌ترین آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی و همچنین مسئول نرم کردن میوه هستند، نقش دارد. استفاده از کیتوزان با سایر روش‌های نگهداری ازجمله اتمسفر اصلاح‌شده کارایی بیشتری در مقایسه با استفاده از پوشش کیتوزان به‌تنهایی وجود دارد. به‌طوری‌که به‌عنوان یک مانع در برابر انتقال گاز فعالیت می کند (Yu & Ren, 2013). همچنین در پژوهشی قیصربیگی و همکاران (Gheysarbigi *et al.*, 2014)، اثر کیتوزان بر حفظ کیفیت و انبارمانی لیموشیرین را مورد بررسی قرار دادند، که نتایج آن با نتایج تحقیق مطابقت دارد. سفتی محصول به میزان تبخیر، تعرق، تنفس و درنتیجه از دست دادن آب بستگی دارد. در دمای پایین سرعت فرآیندهای ذکرشده کاهش‌یافته درنتیجه سرعت رسیدگی و پیری در محصول به تأخیر افتاده و بافت محصول بهتر حفظ می‌شود.



شکل ٦– تغییرات TB (تنش برشی) در طول نگهداری در دمای ۴°C

Fig. 6. The changes of TB during storage at 4°C

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده عملکرد مناسب پوشش کیتوزان، فیلم‌های بسته‌بندی و اتمسفر اصلاح‌شده در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصول بود. مقدار مواد جامد محلول در تیمارهای مورد استفاده از فناوری اتمسفر اصلاح شده همراه با پوشش کیتوزان حفظ گردید. مقدار pH در شرایط اتمسفر اصلاح‌شده کاهش یافت. تغییرات تنش برشی نمونه‌های با پوشش به‌خصوص فیلم نانو امولسیون نسبت به نمونه‌های بدون پوشش در مقایسه با ابتدای دوره نگهداری بسیار کمتر می‌باشد. به‌طور کلی از داده‌های به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که بهترین شرایط نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با پوشش کیتوزان و در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده می‌باشد که

باعث افزایش زمان ماندگاری بـا حفـظ خصوصـیات کیفـی محصـول می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه بوعلی سینا که در تأمین مالی هزینـه‌هـای این پژوهش ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Abad, M. A. (2014). *Development of silver based antimicrobial films for coating and food packaging applications*. Ph.D. Thesis, University of Valencia, Valencia, Spain.
2. Al-Naamani, L., Dutta, J., & Dobretsov, S. (2018). Nanocomposite Zinc Oxide-Chitosan Coatings on Polyethylene Films for Extending Storage Life of Okra (Abelmoschus esculentus). *Nanomaterials*, *8*(7), 479-492. https://doi.org/10.3390/nano8070479
3. Babarinde, G. O., & Fabunmi, O. A. (2009). Effects of packaging materials and storage temperature on quality of fresh okra (*Abelmoschus esculentus*) fruit. *Agricultura Tropica Et Subtropica*, *42*(4), 151-156.
4. Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Al-Said, F. A. J., & Opara, U. L. (2013). Modified Atmosphere Packaging Technology of Fresh and Fresh-cut Produce and the Microbial Consequences-A Review. *Food and Bioprocess Technology*, *6*, 303-329. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0932-4
5. Darani, S., Fazel, M., & Keramat, J. (2015). Investigation of the impact of atmospheric packaging on some physicochemical properties of spinach during storage. *Journal of Modern Nutrition Sciences and Technologies*, *3*, 67-69. https://doi.org/10.22104/JIFT.2014.43
6. Fan, S., Zhang, Y., Sun, Q., Yu, L., Li, M., Zheng, B., & Huang, C. (2014). Extract of okra lowers blood glucose and serum lipids in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *25*(7), 702-709. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2014.02.010
7. Finger, F. L., Della-Justina, M. E., Casali, V. W. D., & Puiatti, M. (2008). Temperature and modified atmosphere affect the quality of okra. *Scientia Agricola*, *65*(4), 360-364.
8. Ghasemnezhad, M., Shiri, M. A., & Sanavi, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Environmental Science*, *8*, 25-33.
9. Gheysarbigi, Sh., Ramin, A. A., & Amini, F. (2014). Effect of chitosan coating on fruit quality and storage life of sweet lime (Citrus limetta). *Journal of Crop Production and Processing*, *5*, 153-162. https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.18.153
10. Gholammipour Fard, K., Kamari, S., Ghasemnezhad, M., & Ghazvini, R. F. (2010). Effect of chitosan coating on weight loss and postharvest quality of green pepper. *Acta Horticulturae*, *877*, 821-826. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.877.109
11. Grinstead, D. (2016). *Antimicrobial food packaging: Breakthroughs and benefits that impact food safety*. In Proceedings of the International Association for Food Protection (IAFP) Annual Meeting, St. Louis, MO, USA, 31.
12. Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, *144*, 172-178. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.002
13. Ngure, J. W., Aguyoh, J. N., & Gaoquiong, L. (2009). Interactive effects of packaging and storage temperatures on the shelf-life of okra. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, *4*, 44-49.
14. Nourmohammadi, A., Ahmadi, E., & Heshmati, A. (2021). Optimization of physicochemical, textural, and rheological properties of sour cherry jam containing stevioside by using response surface methodology. *Food Science and Nutrition*, *9*(5), 2483-2496. https://doi.org/10.1002/fsn3.2192
15. Pereira, V. A., De Arruda, I. N. Q., & Stefani, R. (2015). Active chitosan/PVA films with anthocyanins from Brassica oleraceae (Red Cabbage) as time–temperature indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids 43*: 180-188. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.05.014
16. Romanazzi, G., Feliziani, E., Baños, S. B., & Sivakumar, D. (2017). Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*, 579-601. https://doi.org/10.1080/10408398.2014.900474
17. Salarbashi, D., Tajik, S., Ghasemlou, M., Shojaee-Aliabadi, S., Shahidi Noghabi, M., & Khaksar, R. (2013). Characterization of soluble soybean polysaccharide film incorporated essential oil intended for food packaging. *Carbohydrate Polymers*, *98*, 1127-1136. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.031
18. Tabatabai Color, R., Ebrahimian, A., & Hashemi, J. (2016). The effect of temperature, packaging type and modified atmosphere on the qualitative characteristics of tomato. *Food Science and Technology*, *13*(51), 1-13.
19. Wu, Y., Weller, C. L., Hamouz, F., Cuppett, S. L., & Schnepf, M. (2002). *Development and application of multicomponent edible coatings and films*: A review.
20. Yu, Y., & Ren, Y., (2013). Effect of chitosan coating on preserving character of post-harvest fruit and vegetable: a review. *Journal of Food Processing and Technology*, *4*(8). https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000254

21. Zahoorullah, S. M., Dakshayani, L., Rani, A. S., & Venkateswerlu, G. (2017). Effect of chitosan coating on the physicochemical characteristics of brinjal quality during storage. *Journal of Advances in Biology and Biotechnology*, *13*(3), 1-9. https://doi.org/10.9734/JABB/2017/34733
22. Zhuang, H., Barthm, M. M., & Cisneros-Zevallos, L. (2013). Modified atmosphere packaging for fresh fruits and vegetables. *Innovation in Food Packaging*, 445-464.